

ERGEBNISSE DER PROTHETISCHEN KORREKTUR
VON ERWORBENEN KLAPPENFEHLERN

Waltraud Pschorn

1967

AUS DER CHIRURGISCHEN KLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Prof. Dr. R. Zenker

ERGEBNISSE DER PROTHETISCHEN KORREKTUR

VON ERWORBENEN KLAPPENFEHLERN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt
und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Waltraud Pschorn
aus Frankfurt/Main

München 1967

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof.Dr.R.ZENKER
Dekan: Prof.Dr.M.KIESE

Tag der mündlichen Prüfung: 9.5.1967



Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	1
A. Historische Daten	1
B. Prothesenmodelle	1
C. Indikation zur Prothesenanwendung	2
II. Methodik	4
III. Befunde aus der Literatur	4
A. Aortenklappen	4
B. Mitralklappenprothesen	8
C. Doppelprothesen	10
IV. Diskussion	11
A. Zur Mechanik der Prothesen und zur Operationstechnik	11
B. Letalität und Komplikationen	14
C. Postoperativer Verlauf	22
D. Schlußfolgerung	25
V. Zusammenfassung	27
VI. Abbildungen	29
VII. Literaturverzeichnis	35



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Für die Überlassung des Themas danke ich
Herrn Prof. Dr. R. Zenker

Für die wertvolle Unterstützung bei der
Ausarbeitung des Themas danke ich Herrn
Dr. W. Seidel.

1. Einleitung

- A. Historische Daten. Der ersten Anwendung einer künstlichen Herzklappe beim Menschen waren jahrelange Experimente am Hunde vorausgegangen (Hufnagel, Lillehei, Weis). 1952 konnte dann Hufnagel als erster eine Kugelklappe in die Aorta descendens beim Menschen implantieren. Lillehei gelang es 1958 mit Erfolg die menschliche Aortenklappe selbst durch ein Ventil aus Silikonkautschuk zu ersetzen. Derselbe plante im Herbst 1959 schließlich eine für diesen Zweck geschaffene bicuspidale Aortenklappenprothese in subcoronarer Position. Im Jahre 1960 wurden eine Reihe weiterer Prothesen sowohl für die Aortenklappe (Mc Goon, Bahnsen, Hufnagel) als auch für die Mitralklappe (Braunwald, Long, Frater, Kay) entwickelt. Im gleichen Jahre verwendete schließlich Starr die erste Kugelklappe in mitraler Position beim Menschen (S. Tab. 1).
- B. Prothesenmodelle. Die entwickelten Modelle künstlicher Herzklappen waren vielfältig. Auf dem speziellen Kongress in Chicago Herbst 1960 berichteten bereits 50 Forschergruppen über von ihnen entwickelte Modelle. Grundsätzlich sind diese einzuteilen in Segelklappen als Imitation der natürlichen Herzklappen und in technische Klappentypen (Abb. 1).

Künstliche Segelklappen werden vorwiegend als Aortenklappenprothesen verwendet. Sie sind den natürlichen Segeln möglichst getreu nachgebildet, tragen häufig noch eine murale Umschlagsfalte als Übergang zum Sinus Val-salvae (Hufnagel) und können einzeln oder als komplette Klappe implantiert werden. Manche Modelle können in situ der jeweiligen anatomischen Situation durch Zurechttrimmen angepaßt werden (McGoon, Kay).

Der bedeutsamste Unterschied dürfte in den verwendeten Materialien zu suchen sein. Das fast immer als Grundmaterial verwandte Teflon- oder Dacron-Gewebe ist rau und maschenhaltig (Mulder, Bahnson, Mc Goon). Das Gewebe kann durch einen zusätzlichen Plastiküberzug glatt und Thromben-abweisend gemacht werden. Segelprothesen als Ersatz der Mitralklappe werden heute praktisch nicht mehr verwendet. Sie werden zum Teil als relativ getreue Nachbildungen mit Chordae tendineae versehen (Braunwald, Kay, Seidel). Dies führte jedoch zu erheblichen Schwierigkeiten bei der Adaption des Halteapparates.

Schlauchförmige Segelprothesen ohne Chordae (Lang) mußten, um ein Zurückschlagen zu vermeiden, so steif konstruiert werden, daß sie immer einen zu hohen Durchflußwiderstand aufwiesen.

Unter den technischen Ventilen erfreut sich die Kugelklappe, insbesondere in der Konstruktion nach Starr-Edwards, besonderer Beliebtheit. Modifikationen dieser Kugelklappe beziehen sich hauptsächlich auf einen größeren effektiven Öffnungsdurchmesser (Morrow, Williams, Seidel), auf eine Variierung des Fieberungsmechanismus (Magovern, Seidel) oder der Form und Anzahl der Käfigstützen (Cartwright, Dahlbäck, Harken).

Neuere, in größerem Maßstabe noch nicht verwandte Prothesenformen bedienen sich statt der Kugel einer Scheibe (Cross, Cruz, Ellis, Hufnagel, Lillehei, Williams).

C. Indikation zur Prothesenanwendung. Auf Grund der Erfahrung mit künstlichen Herzklappenprothesen in den letzten fünf Jahren konnte die optimale Prothesenform noch nicht ermittelt werden, obgleich z. Zt. die technischen Modelle

und an deren Spitze die Kugelklappe besonders geeignet erscheinen. Die klinischen Erfolge sind auch bei den technisch einwandfrei funktionierenden Prothesen noch durch eine Reihe von Komplikationen, insbesondere die Gefahr der Thrombosierung und Embolie und der gehäuften Endokarditiden, beeinträchtigt.

Die grundsätzliche Indikation zum Einsatz künstlicher Klappenprothesen ist heute ziemlich eindeutig abgegrenzt (Abb. 2). Bei deutlicher Aorteninsuffizienz sind plastische Rekonstruktionsversuche praktisch erfolglos, und Aortenstenosen mit hochgradigen Verkalkungen und Distorsionen bedürfen ebenfalls eines prothetischen Ersatzes. Bei der relativen Mitralinsuffizienz mit dilatiertem Klappenring und schwingungsunfähigem aortalen Segel bringt die plastische Korrektur nach Wooler oder Reed gute Erfolge, während bei höhergradig verkalkten Segeln nur von einer Prothese gute Resultate erwartet werden können.

Der Entschluß zur Implantation einer Prothese ist jedoch verantwortungsvoll, da über das langfristige Verhalten der verschiedenen Prothesen noch keine Erfahrungen vorliegen. Die Langzeitergebnisse der einzelnen Autoren basieren auf einem zu kleinen, häufig durch die Schwierigkeiten der frühen Pionierarbeit beeinträchtigten Zahlenmaterial. Es soll daher im Folgenden der Versuch gemacht werden, durch eine Zusammenstellung der bisher veröffentlichten Ergebnisse auf diesem Gebiet einen gewissen Überblick zu ermöglichen, und Richtlinien für weiteres Vorgehen abzuleiten.

. Methodik.

Alle erreichbaren Veröffentlichungen von ungefähr 30 herzchirurgischen Zentren vorwiegend des angloamerikanischen Raumes wurden durchgesehen und soweit als möglich aufgeschlüsselt. Die in ihrer Vollständigkeit häufig mangelhaften Angaben wurden kritisch überprüft, Doppel- und Mehrfachbeschreibungen des gleichen Krankengutes nach Möglichkeit ausgeschlossen. Infolge der Praxis mancher Autoren, ihr Krankengut je nach Bedarf unterschiedlich zusammenzustellen und mehrfach zu veröffentlichen, muß allerdings mit gewissen Überschneidungen gerechnet werden.

In der genannten Literatur wurde über insgesamt 1 774 Prothesen in Aortenposition sowie über 830 Prothesen zum Ersatz der Mitralklappe berichtet. Einzelangaben über Spätletalität, Embolien und Spätergebnisse beziehen sich meist auf wesentlich weniger Patienten.

Die Beurteilung von Begriffen wie Frühletalität, Spätletalität oder Besserung des klinischen Zustandes ist sehr unterschiedlich und im vorliegenden Zahlenmaterial infolgedessen nicht scharf zu umgrenzen. Die Frühletalität oder Operationssterblichkeit wird im Allgemeinen für die Dauer des Krankenhausaufenthaltes berechnet. Die Spätletalität bezieht sich auf Beobachtungszeiten zwischen 6 Monaten und 5 Jahren.

III. Befunde aus der Literatur.

- A. Aortenklappen. Unter den Aortenprothesen wurden Kugelklappen und Segelklappen getrennt ausgewertet, wobei nicht zwischen dem Ersatz eines oder mehrerer Segel durch eine

Prothese unterschieden wurde. Von 707 Patienten, bei denen eine Kugelklappe implantiert worden war, starben 101 (14,3 %), während von 498 durch eine Segelklappe korrigierten Aorteninsuffizienzen 118 = 24,1 % nicht überlebten (Abb. 3). Noch größer war der Unterschied in der Letalität bei den späten Todesfällen. Von 625 Patienten, die die Implantation einer Kugelklappenprothese überlebt hatten, starben nach der Entlassung aus dem Krankenhaus 71 (11,5 %), von 330 Patienten mit Segelklappenprothese kamen später noch 73 (23,3 %) ad exitum. Hierzu ist allerdings zu bemerken, daß die Beobachtungszeiten für die Segelklappenprothesen deutlich länger waren. Nachuntersuchungen über mehr als zwei Jahre liegen fast nur bei Segelklappen vor. Die Errechnung einer mittleren Beobachtungszeit war aus dem vorliegenden Material nicht möglich.

Für die operative Letalität wurde als wichtigste Ursache das Herzversagen angegeben (Abb. 4). Sie wurde bei Kugelprothesen in 39,4 % und bei Segelklappen in 37,9 % als bestimmend für den letalen Ausgang angesehen. Ein weiterer erheblicher Anteil der Todesfälle wurde in der Chirurgie der Aortenklappe durch Blutungen bedingt. Die Sammelstatistik ergab bei Kugelprothesen eine Blutung als Ursache von 22,4 % der Todesfälle, während sie bei den Segelklappen in 18,8 % der Fälle zur tödlichen Komplikation wurde.

Eine Embolie war in 5,7 % der Todesfälle bei Kugelprothesen die eigentliche Todesursache, bei Segelprothesen waren 5,9 % tödliche Embolien beobachtet worden (Abb. 5). Das bedeutet, daß bei 383 auswertbaren Patienten mit Kugelprothesen weniger als 1 % an einer Embolie direkt postoperativ verstarben. Bei den Segelprothesen waren es ebenfalls nur

wenig mehr als 1 % von 299 auswertbaren Operationen.

Durch späte massive Embolien verstarben von den Patienten mit Kugelprothesen allerdings nochmals 3,6 %. Von denen, die ein oder mehrere künstliche Segel implantiert bekommen hatten, 2,8 %. Dadurch erhöht sich die tödliche Embolie-rate für den Beobachtungszeitraum jeweils auf etwa 4 % (Abb. 5).

Ein technisches Versagen von Kugelklappen wurde seit der Verwendung eines massiven Balles aus Silikonkautschuk nicht mehr beschrieben. Allerdings fanden sich bei Kontrollen aus anderen Anlässen gelegentlich geringe Materialschäden in vereinzelt Silikonkautschukkugeln. Die von Magovern beobachtete zeitweilige diastolische Insuffizienz der Aortenklappe konnte technisch nicht erklärt werden. Etwas häufiger wird allerdings bei Kugelklappen eine Insuffizienz des Befestigungsmechanismus gefunden. Diese wird bei Kugelklappen nach Starr-Edwards durch Ausreißen der Nähte bedingt, während bei Magovern-Klappen zuweilen die Zähne nicht genügend Material fassen, sodaß es auch hier zu einem Ablösen des Randes kommt (Beall).

Während eine Ruptur von Segelklappen mit einem glatten Plastiküberzug (Kay oder Hufnagel) bisher nicht beschrieben wurde, sind Segelklappen aus einfachem Teflon- oder Dacrongewebe immer wieder gebrochen. Im Zusammenhang mit insgesamt 314 Implantationen von derartigen Teflonsegeln wurde über 19 Beschädigungen berichtet. Das entspricht einer Rate von 6,1 %, und einer mittleren Verlaufszeit von etwa zwei Jahren. Darüberhinaus ergab sich bei der Nachuntersuchung mittels Herzkatheter eine klinisch zu vermutende Versteifung derartiger künstlicher Klappensegel in einem nachweislich höheren Prozentsatz. Braunwald berichtete von 13 Klappenversteifungen bei 23 Patienten.

Der chronischen, bakteriellen Endocarditis im Prothesenbereich wird in neueren Arbeiten immer häufiger eine wesentliche Bedeutung zugesprochen (Barnard, McGoon). Über vereinzelte Endocarditiden war auch vorher schon berichtet worden. Im Krankengut derjenigen Autoren, die eine Angabe über die Häufigkeit von Endocarditiden überhaupt machten, fanden wir dieselbe mit etwa 5,0 % vertreten (Tab. 2).

Sieben Fälle sind bekannt geworden, in denen nach Implantation einer Kugelklappe in Aortenposition eine haemolytische Anaemie aufgetreten ist (Marsh, Narsen, Stahlmann, Steeven-son). Die Häufigkeit dieser Komplikation dürfte also bei 1 % liegen. In den meisten Fällen wurde allerdings der Beweis einer Genese durch die Prothese selbst nicht erbracht.

An weiteren Komplikationen, die statistisch nicht ausgewertet werden konnten, wurden beschrieben: Stenose oder Insuffizienz der Klappe, vorwiegend bei Segelklappenersatz; Bruch der Fixationsnähte und ungenügendes Einwachsen von Bindegewebe in hierfür vorgesehenes Material der Prothese; Perforation des linken Ventrikels im Bereich der Naht, des Drains oder des Kugelkäfigs; Blutung infolge Antikoagulantientherapie.

Die postoperative Erholungsphase war nach Implantation von Kugelprothesen deutlich verkürzt. Genaue Vergleichszahlen liegen allerdings nicht vor. Auffallend war lediglich eine hohe Rate von psychotischen Reaktionen der Patienten, die für etwa 1 - 2 Wochen zeitlich und örtlich desorientiert waren oder Erregungszustände zeigten (Klinner, McGoon).

Nach Implantation von Prothesen wurde ferner die Rehabilitation, insbesondere der Zeitpunkt der Wiedererlangung der Arbeitsunfähigkeit verhältnismäßig rasch erreicht. Zeiten von 6 - 9 Monaten wurden hierfür angegeben.

Insgesamt lag der Prozentsatz der guten Ergebnisse nach Prothesenimplantation wesentlich höher als nach plastischer Korrektur von Aortenklappenfehlern. So gab McGoon im Anschluß an Korrekturen mit Bahnson-Segeln gute Ergebnisse in 45 %, nach Implantation von Starr-Edwards-Prothesen sogar in 67 % der Fälle an. Im Gegensatz dazu war nach plastischen Operationen nur in etwa 24 % der Patienten ein gutes Ergebnis erreicht worden, dagegen fand sich in 12 % der Fälle ein unzureichendes Ergebnis, eine Situation, die bei den Prothesen überhaupt nicht vorgekommen zu sein scheint.

B. Mitralklappenprothesen. In der analysierten Literatur wurde unter 852 in Mitralposition implantierten Prothesen 800 mal die Klappe nach Starr-Edwards verwandt. Hiervon starben 104 Patienten, was einer Frühletalität von 13 % entspricht (Abb. 3). Dem stehen 204 plastische Operationen an der Mitralklappe gegenüber, die etwa im gleichen Zeitraum ausgeführt wurden. Bei diesen Operationen kam es zu einer Letalität von 18,4 %.

Die Sterblichkeitsziffern sind zu ergänzen durch die Spätletalität, die allerdings nur einen begrenzten und nicht genau definierbaren Zeitraum umfaßt. Bei den Kugelprothesen starben von 259 nachuntersuchten Patienten 26, was einem Prozentsatz von 10 % entspricht. Der entsprechende Prozentsatz unter den Spätuntersuchungen nach plastischen Operationen (86) betrug 9,5 %.

Unter den Todesursachen stand das Herzversagen mit 51 % an der Spitze. Akute Embolien waren die Ursache von 31,9 % der Todesfälle, das sind 3,6 % der operierten Patienten (Abb. 4). Diesen Verlusten ist eine nicht unerhebliche Zahl an späteren Embolien hinzuzuzählen. Aus den noch spärlichen Nachuntersuchungen ergibt sich bereits nach kurzer Beobach-

tungszeit eine Quote von etwa 10 % tödlicher Spätembolien.

Eine Endocarditis trat bei 3,8 % der Patienten auf. Hierbei handelte es sich ausschließlich um Kugelklappenprothesen.

Ausgesprochene Prothesenfehler waren bei Mitralklappenersatz selten, da fast immer Kugelklappen implantiert wurden. Der Vollständigkeit halber muß allerdings erwähnt werden, daß vorübergehende Versuche mit Implantationen von Segelklappen (Braunwald, Long, Morrow), die in die gegenwärtige Zusammenstellung nicht mit aufgenommen worden sind, fehlschlugen. Diese Prothesen werden inzwischen nicht mehr verwandt.

Das Ausreißen von Nähten war in Mitralposition selten. Dagegen scheint der Zahnfixierungsmechanismus der Magovern-Klappe in Mitralposition nicht gut funktioniert zu haben (Beall, Debakay).

Plastische Korrekturen bei Mitralinsuffizienz wurden vorwiegend im Sinne einer Raffung des dilatierten Mitralklappenringes durchgeführt. Die beste und am häufigsten angewandte Methode wurde von Wooler angegeben. Reed und Mitarbeiter veröffentlichten eine besonders anschauliche Beschreibung derselben und erarbeiteten die Möglichkeit, durch exaktes Abmessen ein korrektes Placieren der Nähte vorzunehmen.

Die Rezidiivrate bei plastischen Korrekturen lag verhältnismäßig hoch und war vermutlich abhängig von der angewandten Technik. Sowohl Insuffizienzen als auch späte Stenosen wurden berichtet. Sie wurden nach einem Zeitraum von 1 - 3 Jahren in 12 bis 27 % angetroffen (Björk, Kay, Reed).

Über die Besserung nach Mitraloperationen liegt kein ausreichendes statistisches Material vor. Nach plastischer Rekonstruktion wurde der Anteil der gebesserten Patienten auf etwa 80 % geschätzt (Belcher). Die direkte Erholungsphase

nach der Operation scheint durch die Implantation einer Prothese, die sofort optimal funktioniert, verkürzt zu sein.

Doppelprothesen. In neuerer Zeit sind immer mehr Fälle beschrieben worden, in denen zwei oder gar drei Klappen des Herzens gleichzeitig durch Prothesen, vornehmlich Kugelprothesen, ersetzt wurden. Darüber hinaus wurde bei einer großen Anzahl von Patienten, die häufig im einzelnen gar nicht beschrieben wurden, außer dem eigentlichen Klappenersatz bzw. der Hauptklappenkorrektur noch kleinere Eingriffe an anderen Klappen (Sprengung einer Mitralklappenstenose z. B.) vorgenommen.

In der Literatur sind 244 Fälle von gleichzeitig bei einem Patienten durchgeführtem doppeltem Klappenersatz mitgeteilt worden. Die Letalität dieses Eingriffes lag bei 37,2 % (Abb. 3). Hierbei sind jedoch wiederum die ersten Fälle mitberücksichtigt. Das durchschnittliche Risiko für Doppelklappen dürfte heute bei 20 % liegen (Harken).

Es bleibt abzuwarten, ob dieses Ergebnis noch mit zunehmender Erfahrung und verbesserter Technik wesentlich verringert werden kann. Sicherlich bedeutet die Verlängerung des Eingriffes eine erhebliche Erhöhung des Risikos. Infolgedessen dürfte die hohe Letalität zum großen Teil nicht von den Prothesen selbst, sondern von den äußeren Umständen der Operationen und eventuell auch dem schlechteren Befinden des Herzens und des Patienten abhängig sein. Nachuntersuchungen und Spätletalitätsangaben liegen noch nicht vor.

IV. Diskussion.

A. Zur Mechanik der Prothesen und zur Operationstechnik.

Alle plastischen Korrekturen erkrankter Herzklappen sind durch erneute Recidive gefährdet (Baid, Mulder), sei es durch Stenosierung wegen Narbenbildung oder durch eine erneute Insuffizienzbildung infolge Dilatation und Materialverlust. Häufig ist überhaupt eine konservative Herstellung der erkrankten Klappensegel nicht mehr möglich.

Innerhalb weniger Jahre hat sich deshalb für die klinische Anordnung von Herzklappenprothesen bereits eine eindeutige Indikation ergeben. Die Entscheidung, ob an einer erkrankten Herzklappe eine plastische Korrektur vorgenommen oder eine Prothese implantiert werden soll, wurde in vielen Fällen zugunsten der Prothesen entschieden. Die Indikationsbereiche sind heute ziemlich klar abgegrenzt (Abb. 2 und Abschnitt IV D).

Über die Konstruktion der optimalen Herzklappenprothese besteht dagegen noch lange keine Einigkeit. Bei der Nachbildung der natürlichen Herzklappen ergibt sich als Hauptschwierigkeit das Fehlen eines geeigneten Materials. Es erwies sich leider, daß keines der heute bekannten Kunststoffpräparate der Dauerbelastung als Herzklappensegel und den gleichzeitigen hohen Ansprüchen der Flexibilität und Festigkeit zuverlässig gewachsen ist. Dies gilt besonders für Silikonkautschuk, der infolge seiner Oberflächeneigenschaften zunächst für die Herstellung von den in den Blutstrom hineinragenden Klappenteilen infolge guter gerinnungsverhütender Eigenschaften sehr geeignet erschien. Die experimentellen Beobachtungen von Kolff und Mitarbeitern zeigten, daß sich jedoch auch hier Thrombenbildungen nicht vermeiden lassen (Seidel).

Unter den technischen Ventilen erscheint das Prinzip der Kugelklappe für die hochgradige Dauerbelastung im Herzen besonders geeignet. Die verwendeten Materialien werden besonders geringfügig belastet und eine Abnutzung ist nicht zu befürchten. Der Öffnungswiderstand der Klappe ist gering, die haemodynamischen Eigenschaften sind ausreichend. Ein gewisser Nachteil wird von vielen Autoren (Barnot, Gott, Hufnagel, Lillehei, Melrose) in verhältnismäßig großen Abmessungen des Kugelkäfigs gesehen. Darüber hinaus ist bei einigen älteren Modellen das Verhältnis zwischen Gesamtaußendurchmesser und effektivem Klappenöffnungsdurchmesser relativ ungünstig.

Ein weiterer theoretischer Nachteil der Kugelklappenprothesen liegt schließlich in der Insuffizienz zu Beginn der Verschlussphase (Seidel) und in der relativ großen Trägheit der Kugelbewegungen. Letztere scheint sich besonders bei hohen Frequenzen ungünstig auszuwirken (Morrow).

Aus diesem Grunde wurden immer wieder andere technische Ventilformen erprobt. Hier bietet sich besonders das Prinzip der Deckelklappe an (Abb. 1). Sehr bald stellte sich allerdings heraus, daß Scharniere oder flexible Plastikbrücken der milliardenfachen Belastung nicht gewachsen sind und häufig von Thrombosen nicht sicher geschützt werden können.

Somit kommen zahlreiche Untersucher heute auf eine Art Mittelform zwischen der Kugelklappenprothese und Deckelklappe hinaus, wobei die Kugel gewissermaßen zu einer flachen Scheibe umgeformt ist und nun entweder in einem Käfig ähnlich der Kugel gehalten wird (Hufnagel, Lillehei), oder aber die Scheibe selbst Vorrichtungen trägt, die ihre geordneten Bewegungen garantieren soll (Barnard, Melrose) (Abb. 1).

Derartige Ventile nehmen weniger Platz ein, dürften aber in ihrer Betriebssicherheit nicht ganz die Qualität der Kugelklappen erreichen. Darüber hinaus besteht auf Grund von Strömungsuntersuchungen und Gerinnungstesten (Seidel u. M.) der Verdacht, daß die Gefahr von Thromboembolien an derartigen Klappenverschlüssen noch größer ist als die an den Korbstützen der Kugelprothesen.

Ursprünglich wurde befürchtet, daß die Funktion der Kugelklappen durch freiflottierende Segelreste und Chordae tendineae, die sich zwischen Kugel und Gehäuse klemmen können, behindert werden. Ein derartiger Fall wurde von Starr beschrieben. Von diesem wie von anderen Autoren wurde infolgedessen die sorgfältige, vollständige und ausgiebige Resektion der Segel, Chordae tendineae und Papillarmuskeln gefordert (Starr, zitiert nach Hughes). Um eine Intervention der Ventrikelmuskulatur oder der Papillarmuskeln mit dem Klappenmechanismus zu vermeiden, konstruierte Harken z. B. einen doppelten Käfig.

Im Gegensatz dazu sind Dahlbäck und Lillehei mit Rücksicht auf das Low-output-Syndrom der Ansicht, daß die Funktion der Papillarmuskeln während der Systole möglichst wenig beeinträchtigt werden sollte und belassen infolgedessen die Papillarmuskeln und Chordae des lateralen Segels möglichst vollständig und fixieren sie in Höhe des Klappenringes. Lillehei führt die erstaunliche Verbesserung seiner jüngsten Operationserfolge von 33 % Letalität vor dem 1. November 1962 auf 9,3 % in letzter Zeit vorwiegend auf das Ausbleiben des Low-Output-Syndroms und damit auf die neue Technik zurück.

Letalität und Komplikationen. Die Erfolge der Herzklappenchirurgie können zu einer gewissen Grade aus der Verminderung der Letalität der einzelnen Eingriffe abgeleitet werden. Diese ist sicherlich nur zu einem geringen Teil Folge der angewandten Methodik, häufiger eine Frage der Erfahrung in der Verwendung dieser Methode. Infolgedessen nimmt die Letalität mit zunehmender Erfahrung erheblich ab. Während anfänglich Verluste von mehr als 30 % in Kauf genommen werden mußten, gibt es heute große Serien von bis zu 30 und mehr konsekutiven Patienten ohne einen einzigen Todesfall (Starr).

In einer älteren Zusammenstellung von plastischen Operationen, die Veröffentlichungen der Jahre 1961 und 1962 berücksichtigt (Belcher), wurde bei 300 Anuloplastiken noch eine Mortalität von 32,7 % errechnet. Die gegenwärtig errechneten Zahlen belegen die deutliche Besserung der Operationserfolge durch zunehmende Erfahrungen und Fortschritte in der Operationstechnik (vergl. Abb. 3).

Die aus 800 veröffentlichten Operationen berechnete Letalität von 13 % der Starr-Klappen-Prothesen in Mitralposition und von 14,3 % bei Kugelprothesen in Aortenposition (Abb. 3) erscheint bereits durchaus tragbar, insbesondere, wenn man bedenkt, daß in diesen Zahlen auch die ersten Pionierleistungen mitenthalten sind. In erfahrenen Händen sollte die Letalität einer Prothesenimplantation heute um oder unter 10 % liegen (Harken).

Allerdings ist zu berücksichtigen, daß zu dieser Operations- bzw. Krankenhausletalität noch eine etwa gleichhohe Spätletalität für die ersten zwei bis drei postoperativen Jahre hinzukommt. Eine genaue Beurteilung dieser Spätletalität ist auf Grund der vorliegenden Be-

richte noch nicht möglich. Sie dürfte eher höher als angegeben sein (Abb. 2) und vermutlich noch mit zunehmender Beobachtungszeit ansteigen.

Diese Spätletalität ist ebenfalls nur zum Teil durch die Eigenschaften und Nachteile der Prothesen selbst bedingt (Vergl. Tab. 2). Auch die plastischen Korrekturen habe eine erhebliche Rezidivrate. Viele Spättodesfälle sind durch die schicksalsmäßige Progredienz des zugrunde liegenden oder eines anderen Leides bedingt.

Im vorliegenden Patientenmaterial interessieren besonders die Komplikationen, die durch fehlerhafte Prothesenkonstruktionen bedingt waren. Viele anfänglich beobachteten Mißerfolge treten heute nicht mehr auf. Sie dürften die Silikonkautschukkugeln im Gegensatz zu früheren Konstruktionen (Fix, Hufnagel, Zylberberg) zuverlässig sein. Auch ausgesprochen stenotische oder sonst fehlerhafte Klappenmodelle wurden nach kurzfristigen Versuchen wieder aus der menschlichen Chirurgie eliminiert. Natürlich werden noch immer neue Prothesenformen entwickelt und erprobt, weshalb neuerliche Rückschläge sicher nicht immer vermeidbar sein werden. Derartige Prothesen sind nicht im hier ausgewerteten Material enthalten.

Der größte Mißerfolg bei am Menschen angewandten Prothesen ereignete sich bei Segelklappenimitationen aus porenhaltigen oder rauen Kunststoffgeweben. Das Einwachsen des natürlichen Bindegewebes in diese Plastiknetze führt, wie oben bereits dargelegt wurde, über Versteifung und Verkalkung zu Funktionsstörungen und Ermüdungsbrüchen (Baid, Braunschweig, Judson, Larson u. v. a.). In einem nachuntersuchten Krankenmaterial von 314 Patienten brachen 19 Segel, was einer Versagerquote von 6,1 % entspricht. Die meisten dieser Zwischenfälle waren tödlich. Der Anteil dieser Komplika-

kationen wird mit zunehmender Beobachtungszeit noch steigen.

Eine Reihe von Patienten mit Segelklappenprothesen mußte 1 - 2 Jahre nach der ersten Operation wegen Versagens des Implantates reoperiert werden. Die meisten dieser Patienten bekamen bei der zweiten Operation eine Kugelprothese implantiert. Derartige Operationen verfälschen verständlicher Weise die Statistik.

So berichtet z. B. Björk über 15 Patienten mit Aorteninsuffizienz, denen Teflonprothesen implantiert wurden. 6 Patienten starben im Anschluß an die Operation. Von den Überlebenden entwickelten 7 Patienten eine Aorteninsuffizienz. Zwei von diesen starben, bevor sie einer Reoperation zugeführt werden konnten, zwei weitere überlebten die Reoperation selbst nicht. Die restlichen drei sekundär implantierten Kugelprothesen zeigten gute Operationsergebnisse, sodaß von den ursprünglichen 15 Patienten schließlich zwar 5 wesentlich gebessert waren, zwei von ihnen jedoch lediglich als Ergebnis der Erstoperation.

Eine gewisse Gefahr liegt in der Ablösung der Prothesen im Fixierungsbereich. Nach Monaten oder Jahren sollte eine Fixierung durch körpereigenes Bindegewebe, das in entsprechenden Strukturen der Prothese einwächst, erfolgt sein. Da dies offenbar zuweilen nicht der Fall ist, scheint es zunehmend zu Dislocationen von Prothesen zu kommen (Beall, Braunwald).

Bei Aortenprothesen vom Kugeltyp kommt es zuweilen in der verhältnismäßig engen Aortenwurzel zu geringen Stenosesymptomen. Sie scheinen klinisch nicht sehr schwerwiegend zu sein (Starr, Baird). Das bei vielen implantierten Aortenprothesen nachweisbare Systolikum dürfte hierauf beruhen. Harken hat daher zeitweilig eine Aortenprothese ver-

wandt, an der gleichzeitig ein Stück Filz befestigt war, das dazu diente, das Lumen der Aorta im Klappenbereich zu erweitern. Der Kugelkäfig der Prothese von Starr ist neuerdings verlängert worden, um der Kugel die Möglichkeit zu geben, auf ihrem längeren Weg dem vorbeiströmenden Blut optimal Platz zu gewähren (Bristow).

Embolien sind bei Herzklappenprothesen eine besonders gefürchtete Komplikation, die sowohl direkt postoperativ als auch im späteren Verlauf, sogar noch Jahre nach der Operation auftreten und häufig tödlich verlaufen kann. Sie tritt bei Mitralklappenprothesen direkt postoperativ wesentlich häufiger auf als bei Aortenprothesen. Bei letzteren sind etwa 1 % der Patienten betroffen, egal, ob es sich um Kugel- oder Segelprothesen gehandelt hat.

Die späten Embolien scheinen bei Kugelklappen häufiger als bei anderen Prothesen aufzutreten (Abb. 5). Als Ausgangspunkt für Thrombosen und Embolien gilt besonders die Grenze zwischen Fremdkörper und Endocard (Seidel, Ernst). Diese bleibt bei Kugelprothesen (das gleiche gilt auch für alle Prothesen mit Scheiben) immer bestehen, während die Segelklappen, soweit sie aus einem porenhaltigen rauen Material gefertigt sind, früher oder später von Endocard überzogen werden und dann vielleicht keine große Gefahr für die Thrombenbildung mehr darstellen. Anlässlich von Autopsien sind immer wieder starke Thrombenbildungen, besonders an Kugelklappen, beschrieben worden (Garamella).

Die Thromben entstehen bei Mitralklappen sowohl an der Vorhof- als auch an der Ventrikelseite und wachsen bei Kugelklappen entlang der Käfigstützen. Auch bei Aortenklappen wachsen sie sowohl auf der ventrikulären als auch auf der aortalen Seite. Die Prophylaxe mit Antikoagulantien hat sich

trotz der Gefahren dieser Methode weitgehend durchgesetzt. Einzelne Autoren (Harken) geben die Antikoagulantien allerdings nur solange, wie sich der Patient im Krankenhaus befindet.

Einzelne tödliche Blutungen sind beschrieben worden (Effler, Starr). Aus diesem Grunde wird für die Aortenklappe, bei der der Blutstrom stärker und damit eventuell die Thrombenbildung etwas geringfügiger ist, von einigen Autoren die Antikoagulantiengabe abgelehnt (Magovern, Braunwald, Bahnson).

Die Endocarditis ist als tödliche oder jedenfalls sehr schwerwiegende Komplikation in letzter Zeit mehr in den Vordergrund der Betrachtung getreten. Bei den Aortenklappen verstarben von 589 Patienten 4 % an Endocarditis, in der Mayo -Klinik von insgesamt 339 Patienten sogar 6,4 %. Hier waren die Spätverluste durch Endocarditis fünf mal so hoch wie die durch späte tödliche Thrombosen der Aortenprothesen. Die Zahlen dürften vorläufig nur als annäherungswert betrachtet werden, weisen jedoch auf die klinische Bedeutung dieses Faktors hin (Bernard, Newman, Littlefield, Weinstein).

Die Infektionen verlaufen zuweilen hochakut und sepsisartig, meistens subakut oder chronisch. Die häufigeren postoperativ beginnenden Erkrankungen dürften auf eine mangelhafte Sterilisierung der Klappen oder unzureichende Operationsasepsis zurückzuführen und damit vermeidbar sein, wodurch die Bedeutung des Hospitalismus und damit der Antibiotikaphylaxe deutlich wird. Zahlreiche Endocarditiden wurden allerdings auch erst 1 und 2 Jahre nach der Operation beobachtet. Hier schien häufig das nahezu gleichzeitige Auftreten von Anginen oder Pneumonien auf eine haematogene Infektion der Implantate im Sinne einer Herd-

infektion zu deuten. Die Keime werden sich besonders leicht im Fremdkörpergewebe von Prothesen mit sicherlich schlechter Blutversorgung, zuweilen wohl auch in den Nahtmaterialien nach plastischen Operationen ansiedeln.

Unter den Faktoren, die die direkte Krankenhaus- oder Operationsletalität bedingen, jedoch sicher nicht durch die Prothesen hervorgerufen sind, nimmt die Herzinsuffizienz einen besonderen Platz ein. So waren im vorliegenden gesammelten Material von 45 Todesfällen nach Mitralprothesenoperation 51 % durch Herzversagen bedingt (Abb. 4). Bei den Aortenklappen wurde für Patienten mit Kugelprothesen in 39,4 % und für Kranke mit Klappenersatz durch Segelprothesen in 37,9 % als Todesursache ein Herzversagen angegeben.

Dieser hohe Prozentsatz ist zum großen Teil durch die Vorschädigung des Herzens bedingt. Die meisten der operierten Patienten waren vor der Operation gemäß ihrem klinischen Schweregrad den Gruppen drei oder vier zugeordnet. Dies bedeutet bereits eine Sekundärschädigung anderer Organe und somit den sicheren Beweis einer praeoperativen Herzinsuffizienz.

Sowohl für die Commissurotomien nach Mitralstenose als auch für plastische Aortenstenosen-Operationen konnte eindeutig gezeigt werden, daß die Letalität dieser Patienten doppelt so hoch ist wie die der Kranken mit praeoperativem Schweregrad II oder II - III (Zenker). Hierzu kommt die nicht unerhebliche Belastung durch die Operation im Allgemeinen und die extracorporale Zirkulation und den Eingriff am Herzen im besonderen. Es handelt sich somit bei den Herzpatienten um ein ausgewähltes Krankengut, bei dem schwere Mißerfolge besonders häufig zu erwarten sein werden.

Wie in Abb. 6 angedeutet, sinkt aber die Erfolgsaussicht der Operation umgekehrt proportional dem Ausmaß der sekundären Vorschädigung des Patienten. Bei starker Beteiligung anderer Organe wird schließlich der durchschnittliche Operationserfolg kaum besser ausfallen als die durchschnittliche Lebenserwartung ohne Korrektur des Herzklappenfehlers, der dann zuweilen im Verhältnis zur Gesamterkrankung nur noch relativ geringes Gewicht besitzt. Anstrengungen um eine Verringerung der operationsbedingten Letalität werden ungleich weniger Erfolgsaussichten gewähren als die Bemühungen um einen früheren Operationstermin.

Damit ist bereits unterstrichen, daß die Vorkrankheit der Patienten häufig einen schlechten Operationserfolg und eine schlechte Rekonvaleszenz bedingt, und daß hier Coronarerkrankungen und Herzinsuffizienz eine besonders große Rolle spielen. Von Bedeutung sind ferner zuweilen rheumatische Rezidive, die namentlich nach plastischen Rekonstruktionen erkrankter Klappen auftreten können. Den direkten postoperativen Verlauf erschweren bestehende Lungenschädigungen besonders empfindlich im Anschluß an die Korrektur von Mitralklappenfehlern.

Eine nennenswerte Anzahl von Komplikationen ist durch die Technik der Operation und des extracorporalen Kreislaufes bedingt (Tab. 2). Während der Operation kann es zu Luftembolien, Kalkembolien bei verkalkten Klappen, Infektionen und ähnlichen kommen. Deren Folgen sind z. T. oben bereits erwähnt worden. Ob die in letzter Zeit gehäuft beschriebenen Psychosen im Anschluß an Herzoperationen (McGoon) durch multiple kleine disseminierte Luftembolien oder Thromboembolien bedingt sind, ist noch nicht sicher.

Auffallendes psychisches Verhalten wurde auch nach Commis-

surotomie wegen Mitralstenose häufig beobachtet.

Operationsbedingt sind auch alle Komplikationen durch Ausreißen der Fixationsfäden.(Ellis, Harken, McGoon). Die resultierende Klappeninsuffizienz führt je nach Ausmaß der haemodynamischen Beeinträchtigung früher oder später zu einer Verschlechterung des Allgemeinzustandes, unter Umständen zu einem akuten Herzversagen, und zwingt häufig zur Reoperation (Morrow). Die Fäden reißen besonders leicht aus dem Klappengewebe des Aortenringes, der nicht so fest ist und bei dem die sorgfältige Placierung der Nähte verhältnismäßig schwer ist. Infolgedessen wird vorgeschlagen, einen zwei bis drei Millimeter breiten Rand der natürlichen Herzklappe stehen zu lassen. Ein im Bereich des Klappenansatzes vernarbtes und verhärtetes Klappengewebe gibt einen besseren Halt für die fixierenden Nähte. Andererseits bedingen Verkalkungen des Gewebes des Klappenringes eine erhebliche Erschwerung der Nahttechnik.

Abbott beschreibt eine Aorteninsuffizienz, bei der eine nicht ganz zuverlässig implantierte Mitralklappe eine Verziehung des Aortenklappenringes bedingt hatte.

Bei unvorsichtiger Nahttechnik im Bereich des muralen Mitralklappenringes kann es sogar zu Perforationen der Ventrikelmuskulatur kommen, wie Hughes berichtet. Auch im Bereiche der Ventrikeldrainage kann es zu Perforationen und späteren Blutungen kommen.

Im gehäuften Maße wird z. Zt. über Haemolysen im Anschluß an die Implantation von Prothesen berichtet. Der exakte Beweis, daß die Prothese selbst Ursache der Haemolyse ist, scheint noch nicht erbracht (Björk, Larson, McGoon, Reed,

Stevenson). Insbesondere wurde bei Doppelprothesen keine erhöhte Haemolyserate beobachtet. Denkbar sind dagegen Schädigungen des haemopoetischen Systemes oder Antikörperreaktionen, eventuell im Anschluß an die reichlichen Bluttransfusionen im Rahmen der Operation. Häufiger noch werden Insuffizienzkomponenten mit entsprechenden Wirbelbildungen eine übermäßige Traumatisierung des Blutes bedingen (McGoön, Baird).

Zu den operationsbedingten Schädigungen sind schließlich die postoperativen Hepatitiden zu rechnen, deren genaue Häufigkeit aus dem Krankenmaterial nicht ermittelt werden konnte. Durch Guest wurde eine Gangrän beider Füße beschrieben, die durch Kälteagglutinine zustande kam.

C. Postoperativer Verlauf.

Von erheblicher Bedeutung für den Operationserfolg ist das Überstehen der direkten Operationsfolgen. Hier liegt ein Vorteil der Herzklappenprothesen. Die erkrankte Klappe wird durch einen einwandfrei funktionierenden Mechanismus ersetzt, die Krankheitsursache ist damit sozusagen schlagartig beseitigt. Die Schnelligkeit der Erholung wird nur noch vom Zustand des Myokards und von vorliegenden Sekundärschädigungen abhängen.

Postoperative Nachuntersuchungen zeigten eine auffallend rasche Besserung der Herzfunktion besonders nach Implantation von Aortenklappenprothesen (Abb. 7). In Mitralposition kann die geringe Stenose allerdings zu einer geringen Erhöhung des Vorhofdruckes bei Belastung führen, auch bleibt das Herzminutenvolumen nach Korrektur von Mitralfehlern häufig über lange Zeit auffallend niedrig. Eine eindrucksvolle klinische Besserung zeigt sich jedoch oft trotz hämodynamischer Pathologica.

Alle plastischen Korrekturen sind belastet durch die Möglichkeit eines Rezidivs (Abb. 7). Dies gilt auch für die eingeschränkte Indikation zur plastischen Korrektur, wie sie oben geschildert wurde. Von Bedeutung sind hier

- a. ein echtes rheumatisches Rezidiv (verhältnismäßig selten)
- b. eine Zweiterkrankung des Klappenapparates im Sinne einer rheumatischen oder (häufiger) bakteriellen Endocarditis,
- c. Klappenveränderungen durch Narbenbildung und Verkalkung
- d. Dilatationen.

Im Falle der Wooler-Plastik bei Dilatation des Mitralklappenringes wirkt benachteiligend, daß die eigentliche Ursache der Dilatation häufig nicht beseitigt wurde. Setzt nicht schnell eine Versteifung des Klappenringes durch Narbenbildung ein, so wird in gewissen Fällen die ursprüngliche Dilatation weitergehen und abermals zu einer Insuffizienz führen. Die von uns aus 204 Operationen errechnete Rezidivrate war nach drei Jahren mit 12,5 % zusätzlich einer Spätletalität von 9,5 % insgesamt höher als die direkte Operationsmortalität von 18,4 %.

Eine gute Klappenfunktion bedingt eine gute Reservekraft des Herzens. Infolgedessen macht die Erholung nach komplikationsfreier Implantation von Herzklappenprothesen gewöhnlich sehr schnelle Fortschritte. Häufig sind derartige Patienten 6 Monate nach der Operation arbeitsfähig, auch wenn sie praeoperativ im Stadium III oder IV waren. Bei Nachuntersuchungen nach Aortenklappenoperationen fand McGoon mit Abstand die meisten guten Resultate nach Implantation von Kugelklappenprothesen.

Der eigentliche Operationserfolg und die Rechtfertigung der Operation dokumentiert sich durch eine Verlängerung der Überlebensrate und Überlebenszeit gegenüber der durchschnittlichen Lebenschance von Patienten mit gleichem Herzklappenfehler, die nicht oder mit anderen Methoden operiert werden. Einerseits bedeutet zwar die Operation für die schwerkranken Patienten eine große Belastung, andererseits hängt nach Überstehen derselben jedoch das Schicksal außer von den ohnehin leider schon vorhandenen Sekundärschädigungen nur mehr von der Komplikationsquote der angewandten Korrekturmethode ab (Abb. 6). Diese dürfte in den meisten Fällen niedriger sein als die Gefahr eines weiterbestehenden ursächlichen Herzklappenfehlers.

In diesem Zusammenhange drängt sich die Frage auf, ob das Operationsrisiko bei Herzoperationen, wie es sich aus den gegenwärtigen Erfolgsziffern errechnet, eine wirkliche Kontraindikation gegen Operationen im Frühstadium, also bei Patienten der klinischen Gruppen II und II - III, bedeutet. Wenn die Operationen bei Patienten, deren Herz noch nicht vorgeschädigt ist, durchgeführt würde, so würde der Prozentsatz an Todesfällen durch Herzversagen sicherlich wesentlich verringert werden, das Risiko der Operation wäre damit automatisch niedriger (verg. Abb. 6).

Wenigstens für alle Aortenfehler, die ohnehin durch die Gefahr des plötzlichen Herztodes bedroht sind, kann man aus der Abbildung 5 eine gute Chance ableiten, während vermutlich die Gefahr der embolischen Komplikationen bei Mitralprothesen für eine Frühoperation gegenwärtig noch zu hoch ist.

Andererseits ist bei herzkklappenerkrankten Patienten im Stadium III und IV die Lebenserwartung so außerordentlich gering (Zerbini u. a.), daß bei diesen Patienten selbst das hohe Operationsrisiko beim heutigen Stand der Operations- und Prothesentechnik vollauf gerechtfertigt erscheint.

Sollte es möglich sein, das Operationsrisiko und besonders die Komplikationshäufigkeit weiter zu verringern, wäre eine Frühoperation vor dem Auftreten von Sekundärschäden das optimale Vorgehen.

D. Schlußfolgerung: gegenwärtig optimale Methodik

Im Bereiche der Mitralklappe scheint also bei reiner Dilatation ohne Verkalkung die Plastik nach Wooler die ideale Operation, während bei stärkeren Verkalkungen und insbesondere bei Vernarbung und Deformierung des septalen Segels eine Prothese, und zwar z. Zt. die Kugelklappenprothese nach Starr die Methode der Wahl zu sein scheint (vergl. Abb. 2). An der Aortenklappe ist die Spaltung der Commissuren bei reiner Aortenstenose ohne schwere Verkalkung die optimale Therapie. Liegen schwerere Deformitäten der Segel vor und kann dem Patienten eine große Operation zugemutet werden, so ist auch hier eine Prothese zu verwenden, wobei sowohl die Kugelklappenprothesen als auch die speziellen Prothesen nach McGoon und Kay in den Händen der erfahrenen Operateure einen guten Erfolg gezeigt haben. Grundsätzlich sind Prothesen und Konstruktionsprinzipien technischer Ventile denen der Segelklappenimitationen vorzuziehen. Die Rechtfertigung der Anwendung von Prothesen ergibt sich aus den guten klinischen Resultaten infolge der einwandfreien Funktion dieser Prothesen und aus den verhältnismäßig geringen direkt prothesenbedingten Zwischenfällen (Tab. 2).

Eine schnelle Operation, gute Bypassbedingungen mit wenig Fremdblut, bei guter Oxygenierung usw., sowie sorgfältige Operationstechnik und intensive postoperative Nachbehandlung sind Voraussetzungen für einen guten Operationserfolg. Hierhin gehört auch die Verwendung geeigneter Nahtmaterialien (Pate).

Die Verwendung von Antikoagulantien scheint trotz der möglichen Zwischenfälle angezeigt. Antibiotika und höchste Sterilität sind dringend notwendig.

V. Zusammenfassung:

Die Veröffentlichungen von etwa 30 herzchirurgischen Zentren über die Implantation von Herzklappenprothesen wurden zusammengestellt und so weit als möglich analysiert.

1. Unter 1 774 Prothesen in Aortenposition wurden 707 Kugelventile verwendet, der Rest entfällt auf Segelklappenprothesen verschiedener Konstruktionen. Bei 852 Klappenersätzen in Mitralposition wurde 800 mal eine Kugelprothese implantiert. Den Ergebnissen des Mitralklappenersatzes werden zwei Kollektive der plastischen Korrektur der Mitralklappe mit 300 bzw. 204 Patienten gegenüber gestellt.
2. Die Frühletalität bei Kugelprothesen in der Aorta betrug 14,3 %, bei Segelprothesen 24,1 %. Hinzu kam eine Spätletalität von 11,5 bzw. 23,3 %. Bei den Kugelprothesen in Mitralposition betrug die Frühletalität im Mittel 13 %, die Spätletalität 10 %. Bei den plastischen Operationen der Mitralklappe starben im Krankenhaus 18,4 %, im weiteren Verlauf 9,5 %.
3. Unter den prothesenbedingten Komplikationen standen die Embolien im Vordergrund. Versager der Prothesen traten vorwiegend bei Segelklappen auf und wurden in letzter Zeit weitgehend vermieden. Die Kugelprothese kann durch ihre Größe besonders in Aortenposition eine Stenose bewirken, ferner in seltenen Fällen die Ventrikelwand perforieren, und reagiert etwas langsam.

4. Unter den operationsbedingten Komplikationen stand neben Blutungen insbesondere das Ausreißen von Fixierungsfäden im Vordergrund, ferner im bedingtem Grade Infektionen sowie Schäden, die durch die extrakorporale Zirkulation hervorgerufen wurden.
5. Die wichtigste nicht durch Prothesen bedingte Komplikations- und Todesursache war das Herzversagen. Auf den besonders großen Einfluß, der die präoperative Sekundärschädigung anderer Organe auf den Operationserfolg hat, wird hingewiesen.
6. Die Einleitung gibt einen Überblick über die Entwicklung der Herzklappenprothese, die gängigsten Typen derselben sowie die gegenwärtige Indikationsstellung.

Tab. 1

Zeittafel
zur Entwicklung der Herzklappenprothesen

Seit 1944 Hundeeperimente (HUPNAGEL, WEISS u. a.)

1952 (Dez.)	HUPNAGEL	Kugelklappe	A. descend.
1954	GIBBON, CLOWES	Herzlungenmasch.	A. subcor.
1958 (31.10.)	LILLEHEI	Deckelklappe	A. subcor.
1959 (31. 3.)	LILLEHEI	bicuspid. Segelkl.	A. subcor.
1960	MCGOON	Segelklappe	A. subcor.
	KAY	Segelklappe	A. subcor.
	HUPNAGEL	Segelklappe	A. subcor.
	HARKEN	Kugelklappe	A. subcor.
{ 11. 3. }	BRAUNWALD-MORROW	Segelklappe	Mitralis
{ 16. 7. }	FRATER-ELLIS	Segelklappe	Mitralis
{ 1. 9. }	LONG-LILLEHEI, KAY	Segelklappe	Mitralis
{ August }	STARR	Kugelklappe	Mitralis

Tab. 2 Komplikationen bei Herzklappenprothesen

(Häufigkeit zusammengestellt nach Angaben der Lit.)

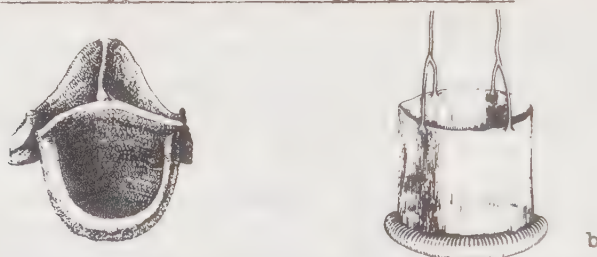
Direkt postoperativ

Herzversagen	6,0 %	
Blutungen	0,5 - 20,0 %	(bes. Aorta)
Embolien	1,0 - 10,0 %	
haemolytische Anaemien	1,0 %	
Luftembolien	1,0 %	
Nierenversagen	0,5 %	
Lungenkomplikationen		
Hepatitis		

Spätere Komplikationen

Progr. Herzversagen	5,0 - 20,0 %	
Embolien	3,0 - 30,0 %	(bes. Mitralis)
Endokarditiden	5,0 %	
Prothesenfehler	0 - 5,0 %	(Segelprothesen)
Ausreißen der Fäden	0 - 7,0 %	(meist Aorta)

Abb. 1: Prototypen der Herzklappenprothesen



a und b: stilisierte Nachbildungen der natürlichen Segelklappen. Fertigung vorwiegend aus Teflongewebe, das mit einem Überzug aus Silikon oder Polyurethan versehen werden kann.



c - h: technische Ventiltypen. Meist verwendete Materialien sind korrosionsfreie Metallegierungen, Teflon und Silikonkautschuk.

c: Das Kugelventil fand die weiteste Verbreitung wegen größter mechanischer Zuverlässigkeit. (Starr, Harken, Magovern u. a.).

d: Deckelklappe: Scharniere und biegsame Plastikverbindungen können brechen

e - h: Mischformen. Durch die Verwendung einer Scheibe anstatt der Kugel wird der Käfig kürzer und der beanspruchte Raum kleiner (e und g). Durch Hakenkonstruktionen (f und h) werden die Schwierigkeiten eines Scharnieres umgangen. Die Möglichkeit einer Selbstreinigung der Oberfläche von Gerinnselbildungen ist bei der Kugel am größten.

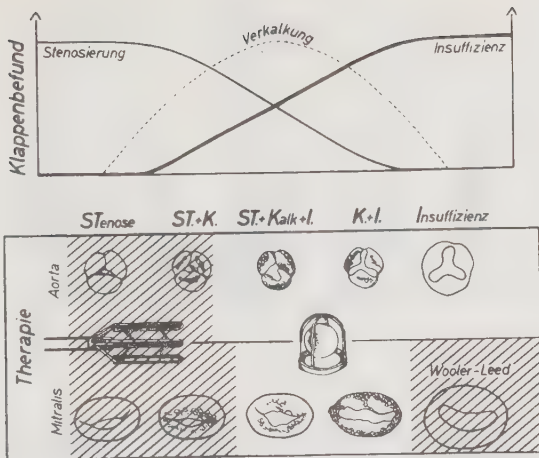


Abb. 2

INDIKATION ZUR ANWENDUNG VON HERZKLAPPEN-PROTHESEN.

Sowohl an der Aortenklappe wie an der Mitrals finden sich alle Übergänge von reiner Stenosierung über kombinierte Vitien bis zur reinen Insuffizienz, wobei die Verkalkung des Klappengewebes bei den kombinierten Vitien gewöhnlich am stärksten ist, wie dies im oberen Teil der Abbildung dargestellt wurde.

Prothesen werden bei allen reinen Insuffizienzen sowie schweren Insuffizienzkomponenten angewandt. Eine Ausnahme bildet nur die reine Dilatation des Mitralklappenringes, die am besten plastisch korrigiert wird. Die Stenosen (schräffelt) werden scharf und unter Sicht des Auges (Aorta) oder blind (Mitrals) gesprengt. Eine etwaige Insuffizienzkomponente wird bei Aortenklappen schlechter vertragen als bei Mitraltvitien. Im Falle eines Rezidivs bedürfen auch die Stenosen häufig einer Prothese.

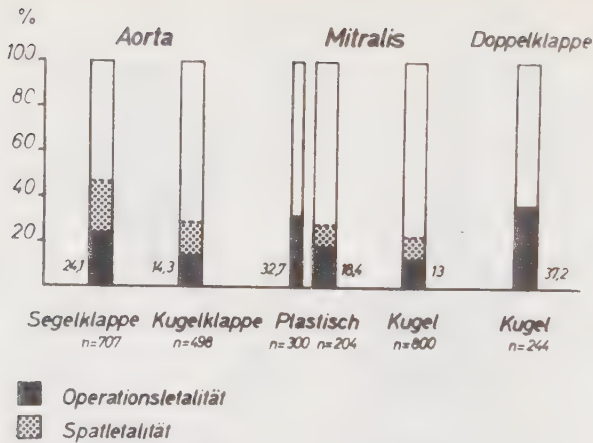


Abb. 3: Operationsletalität und Spätletalität nach Implantation von künstlichen Herzklappen (nach Angaben der Literatur). Auch die hohen Verlustzahlen der ersten Jahre sind in dem Material enthalten. Lediglich bei der Angabe für die plastische Korrektur der Mitralis, die als Vergleich gedacht ist, enthält die linke, dünne Säule die Letalität bis zum Jahre 1963 und die rechte Werte aus den Jahren 1964 und 1965.

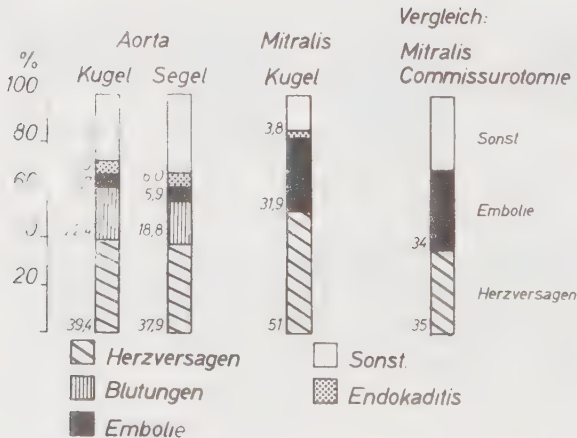


Abb. 4: Häufigkeit verschiedener Todesursachen nach Implantation einer künstlichen Herzklappe. Die aktuelle Krankheitsletalität nach derartigen Operationen ist nur in sehr seltenen Fällen durch die Prothesen selbst bedingt. Der Vergleich mit der Commissurotomie (ganz rechts) zeigt, daß auch die hohe Embolierate bei Mitralklappenersatz nicht ausschließlich den Prothesen angelastet werden darf.

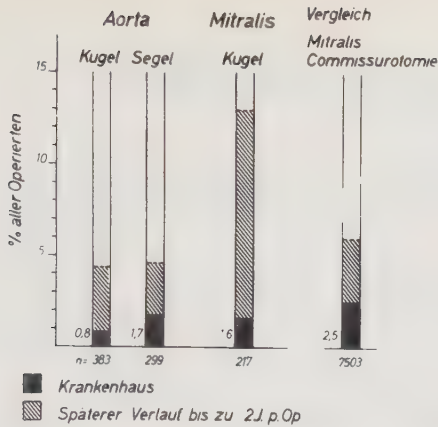


Abb. 5: Tödliche Embolien im Krankenhaus und im späteren Verlauf nach Anwendung einer Herzklappenprothese. Zum Vergleich die Ergebnisse der Commissurotomie (Zusammenstellung aus der Literatur).

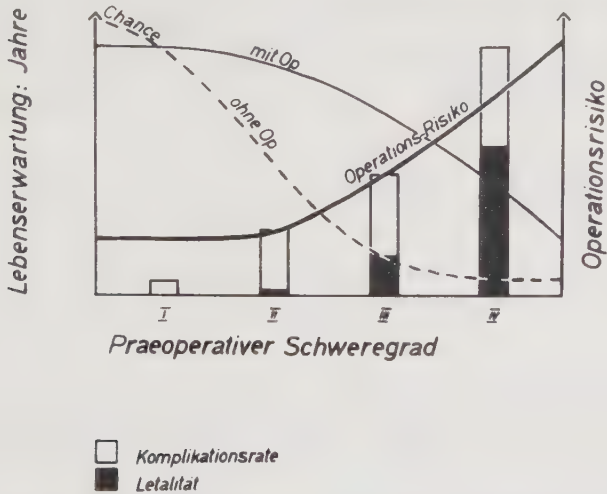


Abb. 6: Bei allen erworbenen Herzklappenvitien nimmt das Operationsrisiko mit dem praeeoperativen Schweregrad zu, während die Überlebenschance steil abfällt. Sie kann durch die Operation gerade in den schweren Stadien nicht ausreichend verbessert werden, da die Sekundärschäden weiterhin wirksam bleiben.

Kalkulation des Operationsrisikos bei Aortenvitien

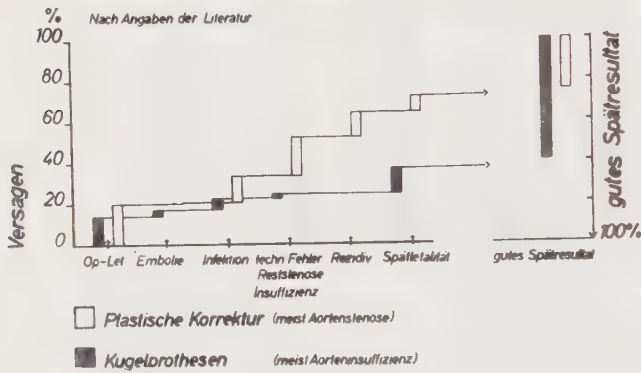


Abb. 7: Das Operationsrisiko ist bei plastischer Korrektur der Aortenstenose größer als bei Prothesen, vorwiegend infolge von Restenosen und sonstigen Rezidiven. Entsprechend ist ein gutes Spätresultat bei Prothesen häufiger (nach Angaben der Literatur).

Literaturverzeichnis.

1. Ablaza, S. G.; B. Gamersindo; D. P. Morse; S. Lukban: Mitral vlave prosthesis holder. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 49,4 : 714 - 717 (1965)
2. Bahnson, H. T.; K. B. Lewis; J. M. Criley; R. S. Rose: Replacement of the aortic valve with individual teflon leaflet. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 49,5 : 719 - 730 (1965)
3. Barnard, C. N.; Goosen, C. C.; L. V. Holmgren; V. Schrire: Prosthetic replacement of the mitral valve. Lancet 2 : 1087 (1962)
4. Barnard, C. N.; V. Schrire; R. W. M. Frater; C. C. Goosen: Further experiences with the U. C. T. mitral, tricuspid and aortic prosthesis. Surgery 57,2 : 211 - 219 (1965)
5. Barnard, C. N.; V. Schrire; Goosen, C. C.: Total aortic replacement. Lancet 2 : 856 (1963)
6. Beall, A. C.; G. C. Morris; D. A. Cooley; M. E. DeBakey: Homotransplantation of the aortic valve. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 42,4 : 497 - 506 (1961)
7. Bernard, A.; R. Ringdal; J. Babotai; E. Linder; H. D. Kräyenbühl; A. Senning: Zur Homotransplantation der Mitralklappe und postoperative funktionelle Resultate. Thoraxchir. u. vask. Chir. 13,2 : 89 - 95 (1965)
8. Björk, V. O.: The surgical treatment of mitral insufficiency. A comparison between annuloplastic procedures and total mitral valve replacement. Thoraxchir. u. Vaskuläre Chir. 12 : 291 - 295 (1964)
9. Björk, V. O.; L. Björk; E. Malers: Left ventricular function after resection of the papillary muscles in patients with total mitral valve replacement. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 48,4 : 635 - 639 (1964)
10. Björk, V. O.; G. Hultquist: Teflon and pericardial aortic valve prostheses. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 47,6 : 693 - 701 (1964)
11. Björk, V. O.; E. Mabs: Total mitral valve replacement: late result. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 48,4 : 625 - 634 (1964)

12. Björk, V. O.; E. Malers: Annuloplastic procedures for mitral insufficiency. Late results. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 48,2 : 251 - 260 (1954)
13. Braunwald, N. S.; R. L. Reis; G. E. Pierce: Relation of pore size to tissue ingrowth in prosthetic heart valves: an experimental study. Surg. 57,5 : 741 - 748 (1965)
14. Braunwald, N. S.; A. G. Morrow: A late evaluation of flectible teflon prostheses utilized for total valve replacement. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 49,3 : 485 - 496 (1965)
15. Bristow, J. D.; C. Fanchi; C. W. McCord; A. Starr; H. E. Griswald: Clinical and hemodynamic observations after combined aortic and mitral replacement. Circulation 31 Suppl. 1 p. 67 - 79 (1965)
16. Bristow, J. D.; C. W. McCord; A. Starr; L. W. Ritzmann; H. E. Griswald: Clinical and hemodynamic results of aortic valvular replacement with a ball-valve prosthesis. Circulation 39 Suppl. p. 36 - 46 (1964)
17. Cartwright, R. S.; E. A. Semeloff; G. G. Cayler; W. Y. Fong; A. C. Huntley; J. R. Blake; R. A. McFall: Total correction of Ebstein's anomaly by means of tricuspid replacement. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 47,6 : 755 - 761 (1964)
18. Carwright, R. S.; R. S. Ratah; J. W. Gialobine; B. Ford; W. E. Palich. Combined aortic and mitral valve replacement. Thorac. Cardiovasc. Surg. 45 : 35 - 46 (1963)
19. Cruz, A. B.; R. L. Kaster; R. L. Simmons; L. Bruneau; C. W. Lillehei: Flow characteristics of the miniscus prosthetic heart valve. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 49,5 : 813 - 817 (1965)
20. Dahlbäck, J. C.; H. Schüller: Open correction of mitral insufficiency, a modification of the Starr-Edwards technique. Acta Chir. Scand. 126 : 300 - 304 (1963)

21. Effler, D. B.; L. K. Groves; R. Faraloro: Experience with the Starr-Edwards aortic valve. Report of 60 cases. Cleveland Clin. Quart. 30 : 173 - 182 (1963)
22. Effler, D. B.; L. K. Groves; R. Faraloro: Aortic and mitral valve replacement. Experience with Starr-Edwards prostheses. Arch. of Surg. 88 : 145 - 154 (1964)
23. Ellis, H.; D. C. McGoon; R. O. Brandenburg; J. W. Kirklin: Clinical experience with total mitral valve replacement with prosthetic valves. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 46 : 482 - 497 (1963)
24. Ernst, R. W.; H. D. Stokers: An inverted tricuspid. plastic mitral valve. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 46,6 : 737 - 743 (1963)
25. Frater, R. W. M.; J. Berghius; A. L. Brown; F. H. Ellis: Antogenous pericardium for posterior mitral leaflet replacement. Surgery 54,1 : 260 - 269 (1963)
26. Garamella, J. J.; M. F. Lynch; W. R. Schmidt; K. N. Jensen: Fatal clotting of the Starr-Edwards mitral ball valve nineteen months postoperatively. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 47,5 : 673 - 680 (1964)
27. Gott, V. L.; R. L. Dagget; J. D. Whiffen; E. D. Koepke; G. G. Rowe; W. P. Young: A hinged-leaflet valve for total replacement of the human aortic valve. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 48,5 : 713 - 725 (1964)
28. Gott, V. L.; G. G. Rowe; R. L. Dagget; J. D. Whiffen; E. D. Koepke; W. P. Young: Preoperative and postoperative hemodynamic data in patients with a prosthetic hinged-leaflet aortic valve. Circulation 31 4,1 : 96 - 107 (1965)
29. Guest, J. L.; D. P. Hall; R. G. Ellison: Symmetrical gangrene following insertion of a ball-valve mitral prosthesis in patient with giant left atrium. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 49,4 : 550 - 556 (1965)
30. Harken, D. E.; H. S. Sorooff; W. H. Taylor; W. J. Warren; A. A. Lefemine; S. K. Gupta; S. Lunzer: Partial and complete prosthesis in aortic insufficiency. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 40 : 744 - 762 (1960)

31. Hughes, R. H.: Complications of Starr-Edwards mitral valve replacement. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 49,5 : 731 (1965)
32. Judson, W. E.; J. Ardaiz; T. B. J. Strach; R. S. Jennings: Postoperative evaluation of prosthetic replacement of aortic and mitral valves. Circulation, Supplement 29 : 14 - 29 (1964)
33. Kay, E. B.; A. Suzuki; D. Mendelsohn jr.: Operative results in aortic valve surgery. Circulation 26 : 484 - 493 (1962)
34. Kay, E. B.; H. A. Zimmerman; D. Mendelsohn: Aortic valvular surgery with artificial valves. An analysis of the first 100 patients. Circulation 27 : 768 - 771 (1963)
35. Klinner, W.; A. Schaudig; F. Sebening: Ergebnisse bei 500 mit der Herz-Lungen-Maschine operierten Herzfehlern. Langenbecks Arch. Klin. Chir. 302 : 91 - 105 (1963)
36. Larson, R. E.; J. W. Kirklin: Early and late results of partial and total replacement of the aortic valve with individual teflon cusps. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 47,6 : 720 - 724 (1964)
37. Levowitz, B. S.; G. J. Magovern; J. B. Lovette; R. S. Ranton; Y. Orwig; E. M. Kent: Thrombus formation at the mitral annulus caused by prosthetic rings. An experimental study. Am. J. Surg. 103 : 481 - 486 (1962)
38. Levy, M. J.; R. L. Varco; C. W. Lillehei; J. E. Edwards: Mitral insufficiency in infants, children and adolescents. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 45,4 : 434 - 450 (1963)
39. Lillehei, C. W.; P. G. Gannon: Ebsteins' malformation of the tricuspid valve. Method of surgical correction utilizing a ball-valve prosthesis and delayed closure of atrial septal defect. Circulation 31 : 1 - 9 and 32 : 1 - 20 (1965)
40. Lillehei, C. W.; M. J. Levy; R. C. Bonnabeau: Mitral valve replacement with preservation of papillary muscles and chordae tendineae. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 47,4 : 532 - 543 (1964)

41. Lillehei, C. W.; P. Sterns: Mitral valve reconstruction or replacement in the presence of moderate aortic insufficiency. *Surgery* 120 : 488 - 490 (1965)
42. Littlefield, J. P.; W. H. Müller; J. F. Dammann: Successful treatment of *Pseudomonas aeruginosa septicemia* following total aortic valve replacement. *Circulation* 31 Suppl. 4 : 103 - 107 (1965)
43. Magovern, G. J.; H. W. Cormie: Sutureless prosthetic heart valves. *J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg.* 46,6 : 726 - 736 (1963)
44. Magovern, G. J.; E. M. Kent; H. W. Cormie; W. B. Cushing; St. Scott; Sutureless aortic and mitral prosthetic valves. *J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg.* 48,3 : 346 - 361 (1964)
45. Malm, J. R.: Diskussion zu Lillehei. *Surgery* 57,1 : 204 (1965)
46. Marsh, G. W.: Intravascular haemolytic anaemia after aortic valve replacement. *Lancet* Nr. 7367 : 986 - 988 (1964)
47. McGoon, D. C.; F. H. Ellis; J. W. Kirklin: Late results of operation for acquired aortic valvular disease. *Circulation* 31 Suppl. 4 pp. 108 - 116 (1965)
48. McGoon, D. W.; H. T. Mankin; J. W. Kirklin: Results of openheart operation for acquired aortic valve disease. *J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg.* 45 : 47 - 65 (1963)
49. McGoon, D. C.; E. A. Moffitt: Total prosthetic reconstruction of the aortic valve. *J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg.* 46,2 : 162 - 173 (1963)
50. Morrow, A. G.; G. Austen; E. Braunwald: The surgical treatment of calcific aortic stenosis: operative methods and results of the pre- and postoperative hemodynamic assessments. *Ann. Surg.* 158,6 : 936 - 951 (1963)
51. Morrow, A. G.; W. D. Clark; D. C. Harrison; E. Braunwald: Prosthetic replacement of the mitral valve. Operative methods and the results of preoperative and postoperative hemodynamic assessments. Suppl. to *Circulation* 29 (1964)

52. Mulder, D. G.; A. A. Kattus; E. W. Fonkalsrud; W. P. Longmire: The surgical treatment of acquired aortic stenosis. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 46,4 : 468 - 481 (1963)
53. Newman, W. H.; A. R. Cardell: Aspergillus endocarditis after open-heart Surgery. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 48,4 : 652 - 660 (1964)
54. Reed, W. A.; M. Dunn: Fetal hemolysis following ball valve replacement in the aortic valve. J. Thoracic and Cardiovasc. Surg. 48 : 436 - 442 (1964)
55. Reed, G. E.; D. A. Tice; R. H. Clauss: Asymmetric exaggerated mitral annuloplasty: repair of mitral insufficiency with hemodynamic predictability. J. of Thoracic and Cardiovascular Surg. 49,5 : 752 - 761 (1965)
56. Seidel, W.; R. Zenker: Herzklappenprothesen. Dtsch. Med. Wschr. 88,15 : 748 - 754 (1963)
57. Stahlmann, F.; S. J. Sarnoff; R. B. Case; A. T. Ness: Hemolytic syndrom following insertion of lucite ball valve prosthesis into cardiovascular system. Circulation 13 : 586 (1956)
58. Starr, A.; L. Edwards; C. W. McCord; H. E. Griswold: Aortic replacement: clinical experience with a semirigid ball-valve prosthesis. Circulation 27 : 779 - 783 (1963)
59. Starr, A.; M. Edwards; C. W. McCord; J. Wood; R. Herr; H. E. Griswold: Multiple-valve replacement. Supp. Circulation 19 : 30 - 35 (1964)
60. Stevenson, Th. D.; H. J. Baker: Haemolytic anaemia following insertion of Starr-Edwards valve prosthesis. Lancet 7367 : 982 - 985 (1964)
61. Wagner, E.; H. S. Sorroff; A. M. Fossbert; D. B. Harken: Die Verwendung der Caged-ball Klappe für den totalen Ersatz der Aorten- und Mitralklappe. Thoraxchir. u. Vask. Chir. 10,3 : 331 - 341 (1962/63)

62. Weis, J.: Die Chirurgie der Mitralklappe am Menschen und im Tierexperiment. Nicht veröffentlicht.
63. Williams, K. R.; A. Rogers; St. J. Dudrick: Stainless steel disc. valve for cardiac valve replacement. J. of Thoracic and Cardiovasc. Surg. 49,4 : 540 - 549 (1965)
64. Zenker, R.; A. Bernsmeier; H. G. Borst; W. Rudolph; W. Kliner: Diagnose und operative Korrektur der Mitralsuffizienz. Dtsch. Med. Wschr. 86,13 : 552 - 559 (1961)
65. Zenker, R.; W. Seidel; U. Finsterer: Ergebnisse der plastischen Korrektur der Aortenstenose. Dtsch. Med. Wschr. 91 : 8 - 15 (1966)
66. Zenker, R.; W. Seidel; U. Rückert: Das Operationsrisiko bei Kommissurotomie wegen Mitralkstenose. Münch. Med. Wschr. 37 : 1741 - 1747 (1965)
67. Zerbini, E. J.; D. Bittencourt; A. D. Jatene: Heart valve surgery. Thoracic and Cardiovas. Surg. 49,2 : 287 - 306 (1965)
68. Zylberberg, B.; J. Kass; J. B. Grow; M. S. Hoffman: Thromboembolic complications following insertion of the Hufnagel prostheses. J. Thoracic and Cardiovasc. Surg. 41 : 492 - 497 (1961)

Lebenslauf

Ich, Waltraud, Irmgard, Pauline Pschorn, geb. Kuhn, wurde am 21.7.1940 in Frankfurt/Main als Tochter des prakt. Arztes Dr. Franz Kuhn und der prakt. Ärztin Irmgard Kuhn, geb. Lieber, geboren.

1940-1946 lebte ich in Camberg/Nassau

1946-1950 besuchte ich die Volksschule Ichenhausen/Schwaben,

1950-1959 das Humanistische Gymnasium in Günzburg/Donau.

1959 begann ich in München Medizin zu studieren, wo ich

1960 das Vorphysikum, 1962 das Physikum ablegte. Am

24.3.1966 bestand ich das medizinische Staatsexamen. Am

5.1.1965 heiratete ich den prakt. Tierarzt Dr. Günter

Pschorn, am 22.5.1966 bekam ich Zwillinge. Seit dem

1.6.1965 wohne ich in Neunburg vorm Wald. Seit dem

1.1.1967 bin ich am dortigen Kreiskrankenhaus als Medizinalassistentin beschäftigt.

